

## 明 細 書

### 磁場成形装置、フェライト磁石の製造方法、金型

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、磁場成形装置、フェライト磁石の製造方法、およびそれに用いることのできる金型に関する。

#### 背景技術

- [0002] 磁石として主流となっているフェライト(焼結)磁石を製造するには、原料を所定の配合比で混合したものを仮焼してフェライト化させ、得られた仮焼体をサブミクロンサイズまで粉砕し、フェライト粒子からなる微粉砕粉末を得る。次いで、微粉砕粉末を磁場中で金型によって圧縮成形(以下、これを磁場成形と称する)して成形体を得た後、この成形体を焼結することで、フェライト磁石を得る。

磁場成形の工程には、大きく分けて、材料を乾燥させた後に成形を行う乾式と、材料をスラリー状として成形を行う湿式とがある。

- [0003] 湿式で磁場成形を行う場合、スラリー中に含まれる水分を除去する脱水を確実に行わないと、成形体にクラック等が生じ、その結果、歩留まりが低下してしまうという問題があった。

このため、従来より、金型に注入する前にスラリーを加熱することでスラリーの粘度を低下させ、脱水性を向上させるという改善技術が提案されていた(例えば、特許文献1、2、3参照。 )。

- [0004] 特許文献1に記載の技術は、金型装置と、金型装置にスラリーを圧送する圧送装置との間にスラリーを加熱する加熱装置を備えたものである。

しかし、この技術では、加熱に電熱管やウォータースバスを使っていたため、加熱に時間がかかるという問題を抱えている。特許文献2に記載の技術は、これに対して提案されたものであり、加熱にマイクロ波を用いることで、スラリーを短時間で均一に加熱するというものである。

- [0005] また、特許文献3に記載の技術は、金型に注入されるスラリーが貯留されたタンク内で、スラリーをパイプヒータ等で直接加熱したり、タンクの外周面を熱湯等で間接加熱

したり、また、タンクから金型にスラリーが自動注入される際に金型までの導入管を外周から加熱することによって、スラリーの温度を40～90℃に保持しようというものである。

[0006] 特許文献1:特公平1-54167号公報(特許請求の範囲)

特許文献2:特開平6-182728号公報(請求項1)

特許文献3:特公平2-13924号公報(特許請求の範囲、公報第3頁)

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記のように加熱されたスラリーを金型内に注入すると、金型等によって熱が奪われてスラリーの温度が低下し、スラリーの分散媒の粘度が上昇してしまうという問題があることを本発明者らは見出した。

また、特許文献3の技術では、金型内におけるスラリーの温度を40～90℃に保持するという構成になってはいる。しかし、金型に注入されるスラリーが貯留されたタンク内で、スラリーをパイプヒータ等で直接加熱したり、タンクの外周面を熱湯等で間接加熱したり、また、タンクから金型にスラリーが自動注入される際に金型までの導入管を外周から加熱していたのでは、上記のように金型に注入した段階でスラリーの熱が奪われるため、金型内におけるスラリーの温度を40～90℃に保持することは現実的に困難であることも実験により確認された。

[0008] このような問題は、特に、一つの金型で成形体を多数個取りするため、金型に複数のキャビティを形成する等の理由で、大型化した金型を使用する場合等に顕著であった。金型側の熱容量が非常に大きいためである。これらの場合、上記したような従来の技術を適用したとしても、クラックが発生するという問題を有効に解決することができない。さらに、複数のキャビティが金型に形成されている場合、金型内のキャビティの位置によってスラリー温度が異なってしまう、キャビティ毎に脱水性に差が生じるために、最終的に得られる成形体の密度自体もばらつきが生じるという問題が生じる。

加えて、周囲の雰囲気温度によって金型の温度も変わるため、季節によって金型内でのスラリーの分散媒の粘度が変動し、得られる製品の品質が安定しないという問

題もある。

本発明は、このような技術的課題に基づいてなされたもので、製造工程における歩留まりを向上させ、品質を安定させることのできる磁場成形装置、フェライト磁石の製造方法等を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] かかる目的のもと、本発明は、フェライト磁石を製造するときに用いる磁場成形装置であって、主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させた成形用スラリーが注入され、成形用スラリーを圧縮成形する金型と、金型中の成形用スラリーに、所定方向の磁場を印加する磁場発生源と、金型の温度を調整する温度調整部と、を備えることを特徴とする。

温度調整部は、金型に設けられ、金型を加熱するヒータと、ヒータをコントロールするコントローラとから構成することができる。また、温度調整部を、金型に形成された流路と、流路に液媒を送り込むポンプと、液媒を加熱する熱源と、から構成することもできる。

このような装置では、温度調整部で金型を加熱する等してスラリーの温度を調整することで、その分散媒の粘性率を低下させることができる。これにより、磁場成形工程における成形用スラリーの脱水性を高く維持することが可能となる。

このとき、温度調整部では、金型は、40℃以上120℃以下となるようにするのが好ましく、より好ましい範囲は40℃以上100℃以下、さらに好ましい範囲は40℃以上80℃以下である。

このような構成は、金型が、大型のものである場合や、複数のフェライト磁石を多数個取りするための複数のキャビティを有している場合に特に有効である。

また、金型に、キャビティのそれぞれに成形用スラリーを注入するための注入路を形成すれば、成形用スラリーがキャビティに注入されるまでの間に、金型の熱によって成形用スラリーを事前に加熱することもできる。

[0010] 本発明は、フェライト磁石の製造方法として捉えることもできる。この方法は、例えば主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させることで得た成形用スラリーを、40℃以上120℃以下に加熱した型に注入し、所定方向の磁場中にて加圧成形するこ

とで成形体を得る成形工程と、この成形体を焼成することでフェライト磁石を得る焼成工程と、を有することを特徴とするものである。この場合も、型の温度の、より好ましい範囲は40℃以上100℃以下、さらに好ましい範囲は40℃以上80℃以下である。

[0011] また、本発明は、主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させることで成形用スラリーを得るスラリー生成工程と、分散媒の粘性率を0.70[mPa・s]以下とした成形用スラリーに、所定方向の磁場中にて型で加圧成形することで成形体を得る成形工程と、成形体を焼成することでフェライト磁石を得る焼成工程と、を有することを特徴とするフェライト磁石の製造方法として捉えることもできる。さらには分散媒の粘性率は0.65[mPa・s]以下であることが好ましい。

成形用スラリーの分散媒の粘性率を0.70[mPa・s]以下とするには、成形工程にて、型を加熱することで、型に注入された成形用スラリーを加熱するのが好ましい。

[0012] 本発明の金型は、フェライト磁石の製造工程にて、主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させた成形用スラリーを圧縮成形し、所定形状の成形体を形成する金型であり、この金型は、成形体を形成するためのキャビティと、金型の外部からキャビティに成形用スラリーを注入するための注入パスと、金型を加熱するヒータを保持するために形成されたヒータ保持部と、を備えることを特徴とする。そして、ヒータ保持部は、ヒータを保持できるのであればいかなる構成であっても良いが、ヒータを金型に挿入するための溝や穴等の凹部とするのが好ましい。

また、このような金型は、ヒータ保持部にヒータが保持された構成、つまりヒータを一体に備えた構成とすることもできる。

[0013] 本発明の金型は、外部の熱源によって加熱される液媒の流路が形成され、液媒を流路に流すことにより金型が加熱可能とされていることを特徴とすることもできる。

[0014] 金型に複数のキャビティが形成されている場合、注入パスの容積を、一回の成形で複数のキャビティに注入する成形用スラリーの容積以上とするのが好ましい。ここで、一回の成形で複数のキャビティに注入する成形用スラリーの容積は、1回の成形で得られる複数個の成形体の乾燥重量の総和に相当する材料を含む成形用スラリーの容積である。これにより、キャビティに充填したスラリーを圧縮成形している間に、次にキャビティに充填スラリーの全量を加熱することができる。

また、ヒータ保持部は、注入パスに沿って形成するのが好ましい。これにより、ヒータ保持部にヒータを装着したとき、注入パス内のスラリーを効率良く加熱できる。

また、金型に複数のキャビティが形成されている場合、複数のキャビティのそれぞれに至る注入パスの長さを略同一とするのが良い。これにより、各キャビティに供給されるスラリーを均等に加熱できる。

### 発明の効果

- [0015] 本発明によれば、金型の温度を調整することによって、この金型に注入される成形用スラリーを加熱し、その分散媒の粘性率を低下させることができる。これにより、磁場成形中における脱水性を高く維持することが可能となる。これにより、特に、金型が大型のものである場合や、一つの金型で成形体を多数個取りする場合等においても、安定した脱水を行うことができ、最終的に得られる成形体の密度を均一化して品質を向上・安定化するとともに、不良品を低減し、製造工程における歩留まりを向上させることができる。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0016] 以下、添付図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳細に説明する。

図1は、本実施の形態におけるフェライト磁石の製造工程の流れの一例を示す図である。なお、本実施の形態で示すフェライト磁石の製造工程はあくまでも一例に過ぎず、適宜変更を加えることが可能なのは言うまでも無い。

この図1に示すように、フェライト磁石を製造するには、まず原料を所定の配合比で混合したものを仮焼してフェライト化させる(ステップS101、S102)。原料としては、酸化物粉末、または焼成により酸化物となる化合物、例えば炭酸塩、水酸化物、硝酸塩等の粉末を用いる。仮焼は、通常、空気中等の酸化性雰囲気中で行えば良い。

次いで、得られた仮焼体を粗粉碎工程を経ることで粉碎し(ステップS103)、フェライト粒子からなる仮焼粉末を得る。次いでこの仮焼粉末に適宜添加物を添加し、微粉碎工程を経てサブミクロンサイズまで粉碎し(ステップS104)、主としてマグネトプランバイト型フェライトからなる微粉碎粉末を得る。粗粉碎工程、微粉碎工程は、湿式で行っても乾式で行ってもよい。ただし、仮焼体は一般に顆粒から構成されるので、粗粉碎工程を乾式で行い、次いで微粉碎工程を湿式で行うのが好ましい。その場合、

粗粉碎工程で仮焼体を所定以下の粒径となるまで粗粉碎した後、微粉碎工程で粗粉碎粉と水とを含む粉碎用スラリーを調製し、これを用いて所定以下の粒径となるまでの微粉碎を行う。

- [0017] この後、微粉碎粉末を分散媒に分散させることで所定濃度のスラリー（成形用スラリー）を調製し、これを磁場成形する。微粉碎工程で湿式粉碎を行った場合、脱水工程（ステップS105）にてスラリーを濃縮することで、所定濃度のスラリーを調製するようにしても良い。

ここで、分散媒としては、水、あるいは常温（20℃）において粘性率が0.70[mPa・s]以下の液体が好適である。常温（20℃）において粘性率が0.70[mPa・s]以下の液体としては、例えば、ヘキサン、トルエン、p-キシレン、メタノール等を用いることができる。また、分散媒は、後述の加熱された金型に注入したときに、粘性率が0.70[mPa・s]以下となるものであってもよく、上記したような分散媒だけでなく、他の分散媒を採用することもできる。

- [0018] そして、このスラリーを混練した後（ステップS106）、スラリーを型に注入し、所定方向の磁場をかけながら圧縮成形することで磁場成形を行う（ステップS107）。

- [0019] この後、得られた成形体を焼成して焼結させることで、フェライト磁石を得る（ステップS108）。この後、所定形状への加工を経て、製品としてのフェライト磁石が完成する（ステップS109～S110）。

- [0020] 図2、図3は、上記したようなステップS107の磁場成形を行う工程で用いる磁場成形装置10の概略構成を示す図である。

磁場成形装置10は、所定濃度に調製されたスラリーに対し、磁場中で圧縮成形を施すことで、フェライト粒子を配向させ、所定形状の成形体を形成するものである。図2に示すように、この磁場成形装置10は、複数の成形体を多数個取りで形成するため、複数のキャビティ13を有している。

- [0021] 図3は、この磁場成形装置10の一つのキャビティ13を対象とした断面図である。この図3に示すように、磁場成形装置10には、金型として上型11、下型12、臼型19が備えられている。上型11、下型12の少なくとも一方は、図示しない駆動シリンダ等を駆動源として、上型11、下型12を互いに接近・離間方向に動作可能となっている。

本実施の形態においては、下型12が、上型11に対し所定のストロークで上下動するようになっている。

また、白型19は、固定されていてもよいし、上下動可能でも良い。

[0022] 図2に示したように、白型19には、個々のキャビティ13にスラリーを注入するための注入パス(注入路)14が形成されている。注入パス14は、外部に設けられた材料容器15から、弁16Aを開いたときにポンプ16によって送り込まれるスラリーを、個々のキャビティ13に分配・注入するようになっている。この注入パス14は、その総容積が、キャビティ13の総容積、すなわち成形1回分のスラリーの容積と同等以上となるように形成するのが好ましい。

また、図4に示すように、白型19においては、個々のキャビティ13のそれぞれに至る注入パス14の長さを略同一とするのが好ましい。注入パス14の長さを揃えることで、注入パス14内で各キャビティ13に供給されるスラリーを均等に加熱できるからである。このため、注入パス14は、金型中央部で分岐し、その分岐位置から各キャビティ13までの長さが均一になるように形成する。

[0023] 図3に示したように、個々の下型12は、そのストローク終端位置において、キャビティ13にて、スラリーを所定の形状に圧縮成形するようになっている。ここで、白型19には、下型12との隙間をシールするシール部材17が設けられている。

上型11と白型19の合わせ面には、キャビティ13からスラリーに含まれる水分を排出するための濾布18が挟み込まれている。これにより、スラリーに含まれる水分は、濾布18を伝い、上型11と白型19の合わせ面から上型11および白型19の外部に導き出されるようになっている。

そして、上型11の近傍には、図示しない磁界発生コイル等が設けられており、所定の方向の磁場を加えることができるようになっている。

[0024] さて、図2に示したように、本実施の形態において、白型19には、所定の位置に凹部(ヒータ保持部)19aが形成され、この凹部19aに、電熱線、セラミックヒータ等によって構成されるヒータ部材20が埋め込まれている。このヒータ部材20は、各キャビティ13を均一に加熱できるよう決定されたパターンで配置するのが好ましい。

なお、凹部19aは、注入パス14に沿って形成するのが好ましい。これにより、凹部1

9aに埋め込まれたヒータ部材20により、注入パス14内を流れるスラリーを効率良く加熱できる。

ヒータ部材20には、ヒータ用電源21が接続されており、ヒータ用電源21からヒータ部材20に電圧を印加することで、ヒータ部材20が発熱し、臼型19を加熱する。これらヒータ部材20およびヒータ用電源21によって、ヒータが構成されている。

[0025] さらに、臼型19の温度を検出する熱電対等のセンサ22と、このセンサ22で検出した温度に基づき、ヒータ用電源21を制御するコントローラ23とが備えられている。

ところで、上記においては、臼型19を加熱する例を示したが、同様の方法により、上型11や下型12を加熱する構成としても良い。

[0026] また、ヒータとしては液媒を加熱する構成のものを用いることもできる。この場合、図5に示すように、臼型19には、ヒータ部材20に代えて、液媒を流すための流路30を形成する。そして、ヒータ用電源21に代え、液媒を加熱する熱源31を備え、熱源31で加熱した液媒をポンプ32で流路30に送り込むのである。この場合、液媒が流れる流路30と熱源31によって温度調整部が構成される。

[0027] 上記したような構成の磁場成形装置10では、前記のステップS106で混練されたスラリーが、材料容器15からポンプ16によって、注入パス14を通り、上型11、下型12間の各キャビティ13に分配・供給される。所定量のスラリーがキャビティ13に充填されると、図示しない磁界発生コイル等によって発生させた磁界を印加しつつ、下型12を作動させ、上型11、下型12により所定の圧力を加える。これによって、スラリーに含まれる水分は濾布18を伝って外部に導き出されることで、脱水が行われつつ、所定の形状に成形がなされる。

そして、成形の完了後、上型11を開き、下型12より所定形状に成形された成形体を抜き出して脱型する。

[0028] このようにして、磁場成形するに際し、臼型19を、コントローラ23の制御により、ヒータ部材20で所定の温度に加熱(調整)する。加熱する温度としては、センサ22によって検出される臼型19の温度T1は40℃以上とするのが好ましい。これは、臼型19の温度T1が40℃を下回るとスラリーの加熱効果が確実に表れにくいからである。また、臼型19の温度T1が120℃を超えると、キャビティ13の内圧(すなわちスラリーの圧力



)にもよるが、スラリーに含まれる水分が沸騰してしまう。したがって、臼型19の温度T1の上限は、120℃以下、より好ましくは100℃以下、さらに好ましくは80℃以下とするのが良い。このため、センサ22での検出値に基づき、コントローラ23でヒータ用電源21を制御するのが好ましい。

これにより、例えば、温度 $T1 = 50^{\circ}\text{C}$ となるように臼型19を加熱したときには、キャビティ13内に充填されたスラリーの温度 $T2$ は $43^{\circ}\text{C}$ 、 $T1 = 60^{\circ}\text{C}$ としたときには $T2 = 49^{\circ}\text{C}$ 等となる。

このように、臼型19を加熱することによって、金型注入前にスラリーを加熱する場合に比較し、キャビティ13内におけるスラリーの温度を確実に高くすることができるので、スラリーの分散媒の粘性率を低下させて脱水を良好に行うことができ、製品の歩留まりを向上させることができる。上記のように、複数のキャビティ13が形成されたものや、金型が大型のものである場合等にも、各キャビティ13の温度を均一にできるので、最終的に得られる成形体の密度自体も均一にすることができる。さらに、季節によって周囲の雰囲気温度が変わっても、臼型19を加熱することで、そのような変動の影響を受けにくくすることができ、常に安定した品質でフェライト磁石を製造することができる。

なお、図2では、キャビティ13の数が16個である磁場成形装置10を示したが、キャビティ13の数は特に限定されるものではない。例えば、8個以上数十個以下とすることもできる。このようにキャビティ13の数が多い場合であっても、予め加熱した金型にスラリーを注入するようにすれば、キャビティ13の位置によってスラリー温度が異なるという問題は生じにくく、最終的に得られる成形体の密度ばらつきも低減されるため、製品の歩留まりを向上させることができる。

[0029] また、臼型19には、キャビティ13にスラリーを充填する注入パス14が形成されている。臼型19は、ヒータ部材20によって加熱されるため、注入パス14を通るスラリーも加熱される。つまり、キャビティ13に注入される前に、スラリーを加熱することができるのである。これによっても、キャビティ13内のスラリーの温度 $T2$ を高めることができる。この場合、熱源は臼型19を加熱するヒータ部材20であるので、他にわざわざ熱源を用意する必要がなく、簡易な構成で効果を得ることができる。特に、注入パス14の総

容積を、成形1回分のスラリーの容積と同等以上となるようにすることで、キャビティ13で成形を行っている間、次の成形時にキャビティ13に供給されるスラリーを注入パス14内で確実にかつ効率良く加熱でき、上記効果を確実にものとするができる。例えば、成形(乾燥)単重量40gの製品で16個取り(キャビティ16個)の場合、スラリー濃度を76%、密度を $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ とすると、注入パス14の容量は $325\text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。

なお、注入パス14の総容積が、成形1回分のスラリーの容積に満たない場合には、材料容器15からポンプ16によって注入パス14にスラリーが送り込まれる前段で、ヒータ等によってスラリーを予備加熱するのが好ましい。

### 実施例

[0030] ここで、スラリーの温度とキャビティ内圧の関係を調べたのでその結果を以下に示す。

まず、図1に示したような工程で、成形用スラリーを調製した。スラリーの分散媒には水を使用した。

そして、 $\phi 30\text{mm}$ の円盤状のキャビティに、温度を種々変化させた前記成形用スラリーを一定条件で注入し、次いで、一定の成形条件で磁場成形を行った。磁場成形には、単一のキャビティ13のみを有し、ヒータ部材20、ヒータ用電源21、センサ22およびコントローラ23を備えない他は、上記の磁場成形装置10と同様の構成の装置を使用した。このとき、注入パス14の直近かつ白型19の外部の、スラリーの注入経路上に設置した圧力センサで測定された最大の圧力を、キャビティ内圧として記録した。また、スラリーを注入してから20分後のキャビティ内のスラリーの温度を測定し、スラリー温度として記録した。キャビティ内圧はスラリーの脱水性の指標となり、数値が低いほうが脱水性がよいと言える。図6はその結果を示すものである。

この図6に示すように、キャビティ内圧は、スラリー温度が高まるにつれて低下することが確認された。

[0031] 次いで、金型温度とキャビティ内圧の関係を調べたのでその結果を以下に示す。

まず、図1に示したような工程で、成形用スラリー(スラリー固形分76%)を調製した。スラリーの分散媒には水を、粉末には所定量の添加物を含むストロンチウムフェライ

トを使用した。なお、このストロンチウムフェライトはマグネトプランバイト型のものである。

そして調製したスラリーを用い、図2に示した磁場成形装置10を用い、ヒータ部材20によって臼型19の温度を、25℃（非加熱）、40、50、60、70℃としてそれぞれ磁場成形を行い、断面略円弧状の所定形状・サイズのフェライト磁石を製造した。キャビティ内圧は前述の方法で測定した。図7はその結果を示すものである。

図7に示すように、金型温度を上昇させるほどキャビティ内圧を低減させる効果はあるが、非加熱の場合と比較して明確な効果を得るためには、金型温度が40℃を超えることが好ましい。また、キャビティ内圧（すなわちスラリーの圧力）にもよるが、金型温度が100～120℃を超えると水が沸騰して気泡を生じるなどの問題を生じることから、金型温度は100℃以下であることが好ましい。

金型温度を40℃としたときのスラリー温度は36℃であった。また、このときの分散媒（水）の粘性率を調べたところ0.70[mPa・s]であった。

[0032] 図8に温度と分散媒である水の粘性率の関係を示した。水の粘性率は温度が高まるにつれて低下し、脱水性が改善される。つまり、上述の結果は分散媒（水）の粘性率が0.70[mPa・s]以下、さらには0.65[mPa・s]以下となれば、キャビティ内圧の低下が顕著になると言い換えられる。

[0033] さらに、本発明と、従来のように事前にスラリーを加熱した場合の比較を行ったのでその結果を以下に示す。

まず、図1に示したような工程で、成形用スラリー（スラリー固形分76%）を調製した。スラリーの分散媒には水を、粉末には所定量の添加物を含むストロンチウムフェライトを使用した。

そして、調製した成形用スラリーを用い、以下に示すような条件で、断面略円弧状の所定形状・サイズのフェライト磁石を製造した。

実施例1): 図2に示した磁場成形装置10を用い、ヒータ部材20によって、臼型19の温度T1を50℃として磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。

実施例2): 磁場成形装置10を用い、ヒータ部材20によって、臼型19の温度T1を6

0℃として磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。

実施例3)：磁場成形装置10を用い、ヒータ部材20によって、臼型19の温度T1を100℃として磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。

比較例1)：磁場成形装置10を用い、磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。ヒータ部材20による加熱は行わず、臼型19を常温のままとした。

比較例2)：磁場成形装置10を用い、磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。このとき、ヒータ部材20による加熱は行わず、その代わり、材料容器15から金型にスラリーを注入するホースの途中に加熱装置を設け、スラリーを50℃に加熱した後、金型内に供給した(従来技術に相当)。

比較例3)：磁場成形装置10を用い、磁場成形を行った後、得られた成形体を焼結してフェライト磁石を得た。このとき、ヒータ部材20による加熱は行わず、その代わり、材料容器15から金型にスラリーを注入するホースの途中に加熱装置を設け、スラリーを70℃に加熱した後、金型内に供給した(従来技術に相当)。

[0034] 実施例1～3、比較例1～3のそれぞれにおいて、キャビティ13内のスラリー温度T2およびキャビティ内圧を測定した。図9はその結果を示すものである。

[0035] この図9に示すように、金型加熱を行った実施例1、2では、金型加熱を行わなかった比較例1に比べ、当然のことながらスラリー温度が高まっている。さらに、スラリーを事前に加熱した比較例2、3では、金型内に注入された時点でスラリーの温度が大幅に低下してしまっている。これに比較し、実施例1、2ではスラリー温度が大幅に高くなっている。これにより、図8に示される値に基づき、実施例1、2では、キャビティ13内におけるスラリーの分散媒の粘度が、比較例1～3に比べて低くなっていることが確認された。

これに対応するように、実施例1、2、3では、比較例1、2、3と比べ、明らかにキャビティ内圧が低下していることも確認された。キャビティ内圧の低下は水抜け速度(脱水性)の改善を示しており、より短い時間で成形が可能となる。

[0036] さらに、得られたフェライト磁石を検査した。その結果を図10に示す。

この図10に示すように、金型加熱を行った実施例1、2、3では、金型加熱を行わな

かった比較例1に比べ、横クラック、ラミネーションといった不良が明らかに減少し、歩留まりが、概ね95%以上に改善され、水抜け性の改善は品質の向上にもつながることが確認された。

### 図面の簡単な説明

- [0037] [図1]本実施の形態におけるフェライト磁石の製造工程を示す図である。
- [図2]複数のキャビティを有した成形装置に対するヒータの配置を示す図である。
- [図3]成形装置の一部を示す断面図である。
- [図4]金型に形成した注入パスの他の例である。
- [図5]成形装置に備えるヒータの他の構成の例を示す図である。
- [図6]スラリーの温度とキャビティ内圧の関係を示す図である。
- [図7]金型温度とキャビティ内圧との関係を示す図である。
- [図8]分散媒の温度と粘性率の関係を示す図である。
- [図9]実施例1、2、3、比較例1、2、3について、キャビティ内温度およびキャビティ内圧を示す図表である。
- [図10]金型の加熱温度と不良の発生率との関係を示す図である。

### 符号の説明

- [0038] 10…磁場成形装置、11…上型(金型)、12…下型(金型)、13…キャビティ、14…注入パス(注入路)、19…臼型(金型)、19a…凹部(ヒータ保持部)、20…ヒータ部材、21…ヒータ用電源、22…センサ、23…コントローラ、30…流路、31…熱源、32…ポンプ

### 請求の範囲

- [1]     フェライト磁石を製造するときに用いる磁場成形装置であつて、  
主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させた成形用スラリーが注入され、  
前記成形用スラリーを圧縮成形する金型と、  
前記金型中の前記成形用スラリーに、所定方向の磁場を印加する磁場発生源と、  
前記金型の温度を調整する温度調整部と、  
を備えることを特徴とする磁場成形装置。
- [2]     前記温度調整部は、前記金型に設けられ、前記金型を加熱するヒータと、  
前記ヒータをコントロールするコントローラとから構成されることを特徴とする請求項1  
に記載の磁場成形装置。
- [3]     前記温度調整部は、前記金型に形成された流路と、前記流路に液媒を送り込むポン  
プと、前記液媒を加熱する熱源と、から構成されることを特徴とする請求項1に記載  
の磁場成形装置。
- [4]     前記温度調整部は、前記金型の温度が40℃以上120℃以下となるように調整する  
ことを特徴とする請求項2に記載の磁場成形装置。
- [5]     前記温度調整部は、前記金型の温度が40℃以上100℃以下となるように調整する  
ことを特徴とする請求項2に記載の磁場成形装置。
- [6]     前記金型は、複数の前記フェライト磁石を多数個取りするための複数のキャビティ  
を有していることを特徴とする請求項1に記載の磁場成形装置。
- [7]     前記金型に、前記キャビティのそれぞれに前記成形用スラリーを注入するための注  
入路が形成されていることを特徴とする請求項6に記載の磁場成形装置。
- [8]     主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させることで得た成形用スラリーを、  
40℃以上120℃以下に加熱した型に注入し、所定方向の磁場中にて加圧成形する  
ことで成形体を得る成形工程と、  
前記成形体を焼成することでフェライト磁石を得る焼成工程と、  
を有することを特徴とするフェライト磁石の製造方法。
- [9]     主としてマグネトプランバイト型フェライトからなる粉末を分散媒に分散させることで  
成形用スラリーを得るスラリー生成工程と、

前記分散媒の粘性率を0.70[mPa・s]以下とした前記成形用スラリーに、所定方向の磁場中にて型で加圧成形することで成形体を得る成形工程と、

前記成形体を焼成することでフェライト磁石を得る焼成工程と、  
を有することを特徴とするフェライト磁石の製造方法。

[10] 前記成形工程では、前記型を加熱することで、前記型に注入された前記成形用スラリーの前記分散媒の粘性率を0.70[mPa・s]以下とすることを特徴とする請求項9に記載のフェライト磁石の製造方法。

[11] 前記分散媒は水であることを特徴とする請求項9に記載のフェライト磁石の製造方法。

[12] フェライト磁石の製造工程にて、主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させた成形用スラリーを圧縮成形し、所定形状の成形体を形成する金型であって、  
前記成形体を形成するためのキャビティと、  
前記金型の外部から前記キャビティに前記成形用スラリーを注入するための注入パスと、  
前記金型を加熱するヒータを保持するために形成されたヒータ保持部と、  
を備えることを特徴とする金型。

[13] 前記ヒータ保持部が、前記ヒータを前記金型に挿入するための凹部であることを特徴とする請求項12に記載の金型。

[14] 前記ヒータ保持部に前記ヒータが保持されていることを特徴とする請求項12に記載の金型。

[15] 前記ヒータ保持部は、前記注入パスに沿って形成されていることを特徴とする請求項12に記載の金型。

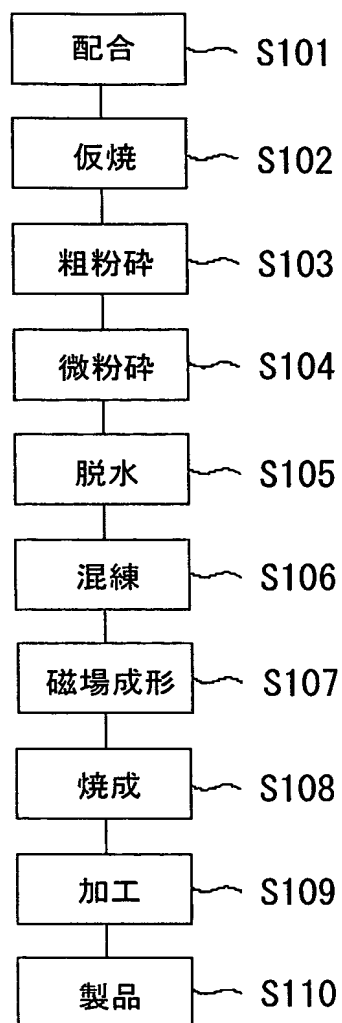
[16] フェライト磁石の製造工程にて、主としてフェライトからなる粉末を分散媒に分散させた成形用スラリーを圧縮成形し、所定形状の成形体を形成する金型であって、  
前記成形体を形成するためのキャビティと、  
前記金型の外部から前記キャビティに前記成形用スラリーを注入するための注入パスと、  
外部の熱源によって加熱される液媒の流路と、を備え、

前記液媒を前記流路に流すことにより前記金型が加熱可能とされていることを特徴とする金型。

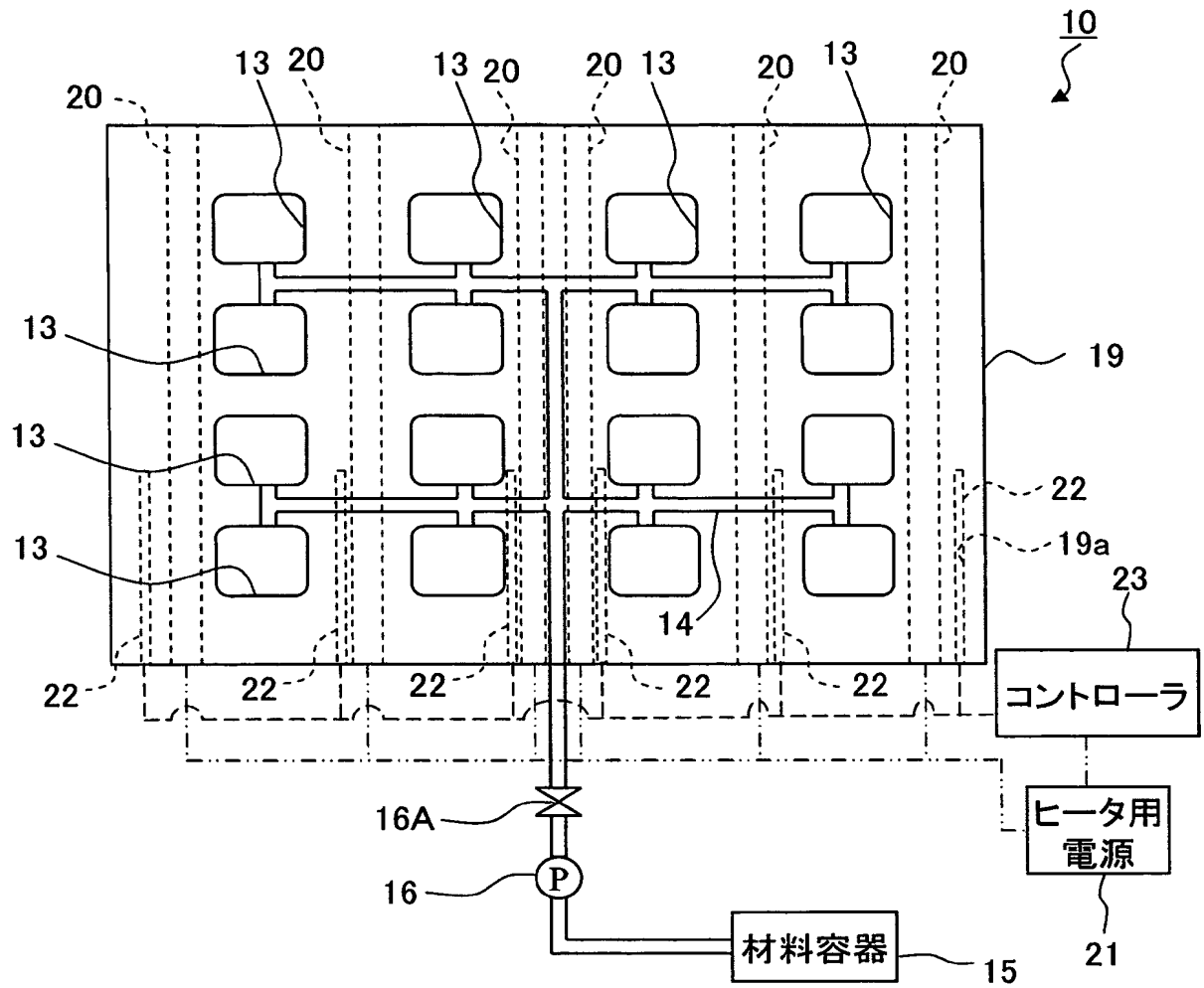
- [17] 前記金型に複数の前記キャビティが形成され、  
前記注入パスの容積が、一回の成形で複数の前記キャビティに注入する前記成形用スラリーの容積以上とされていることを特徴とする請求項12または16に記載の金型。
- [18] 前記キャビティを複数備え、  
複数の前記キャビティのそれぞれに至る前記注入パスの長さが略同一であることを特徴とする請求項12または16に記載の金型。
- [19] 前記金型に前記キャビティが8個以上形成されていることを特徴とする請求項12または16に記載の金型。



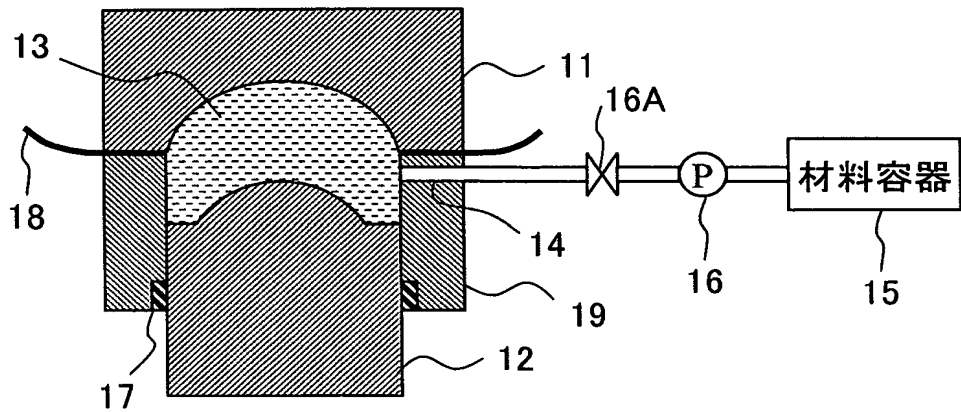
[図1]



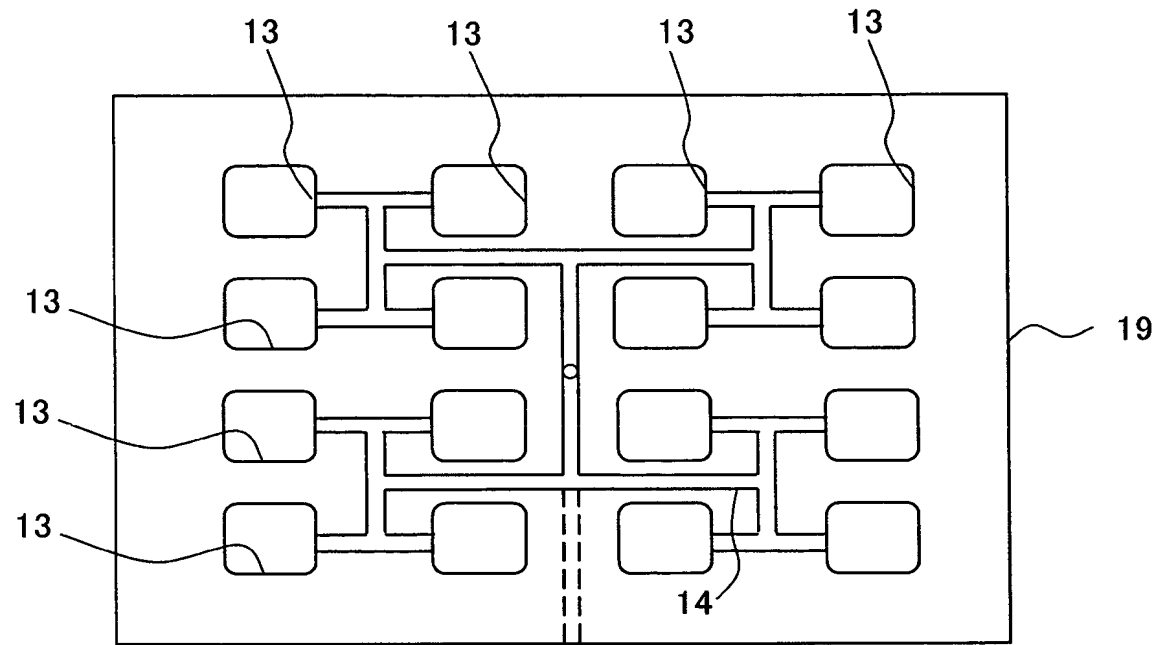
[図2]



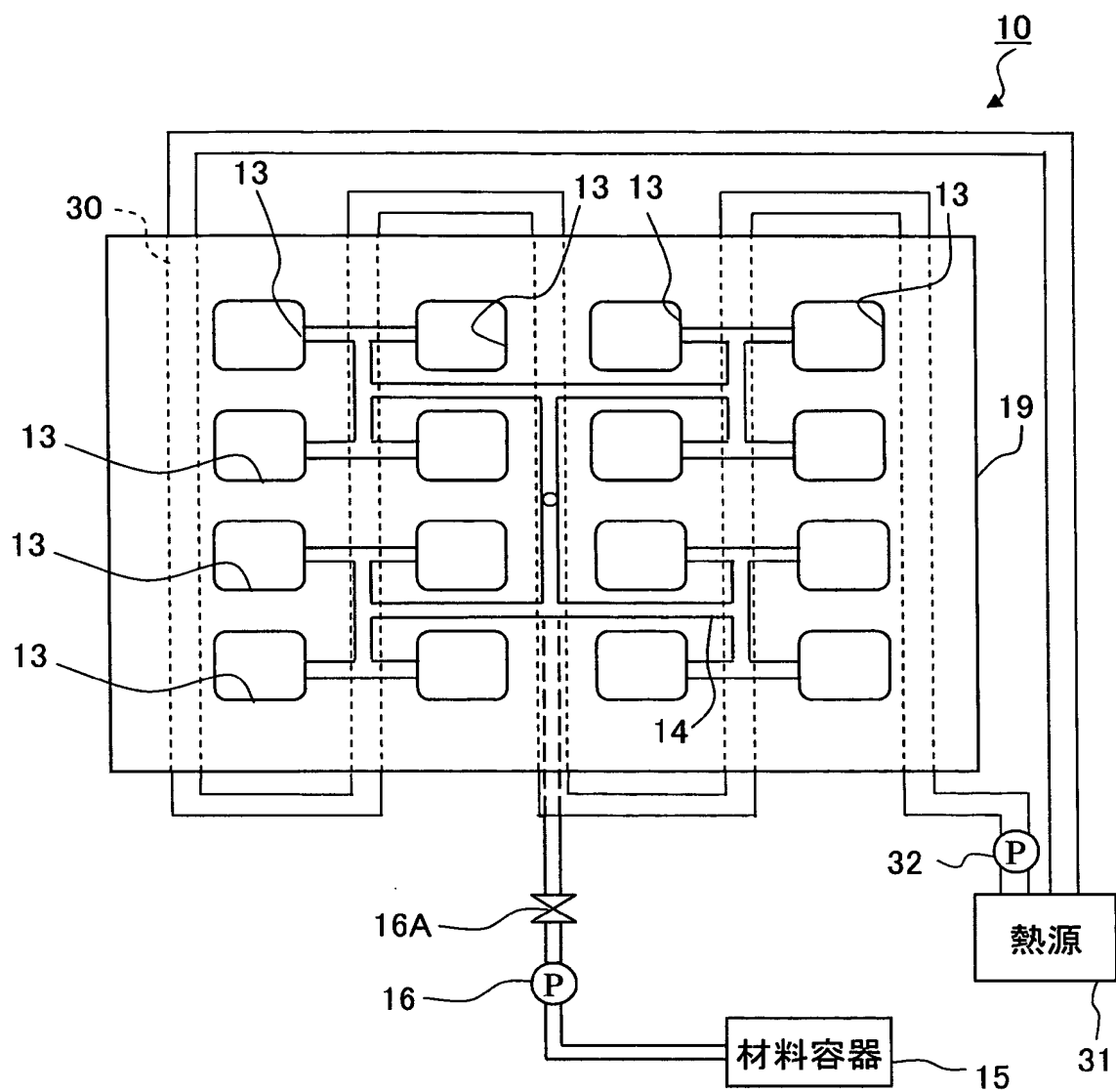
[図3]



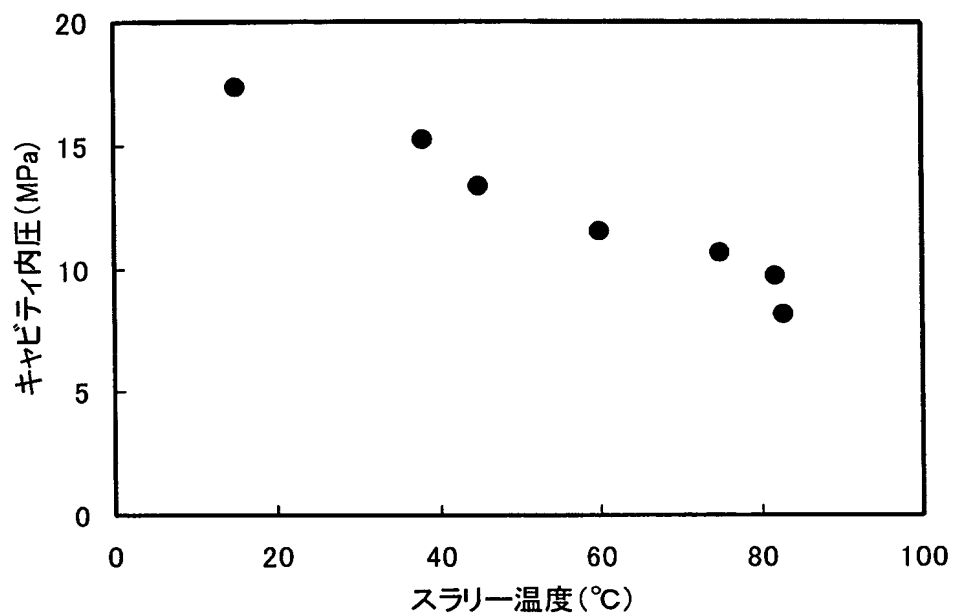
[図4]



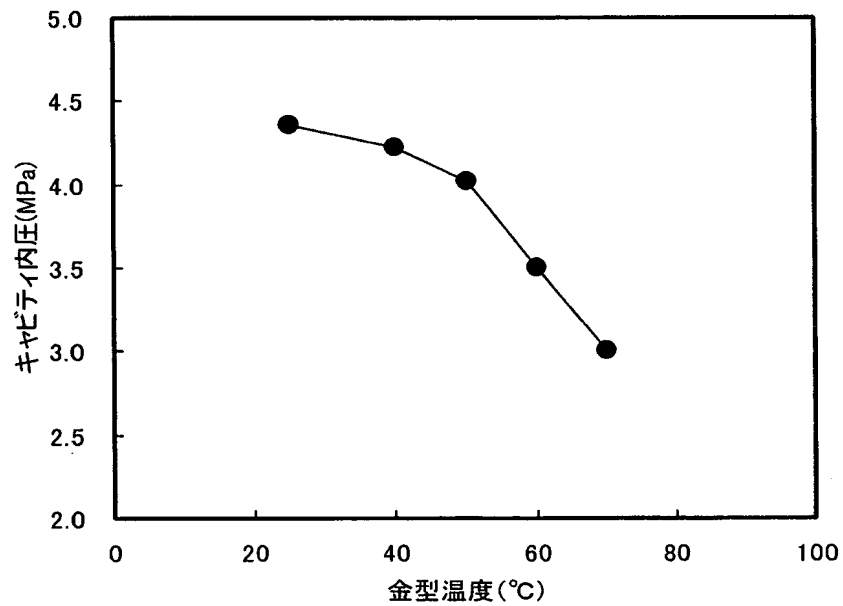
[図5]



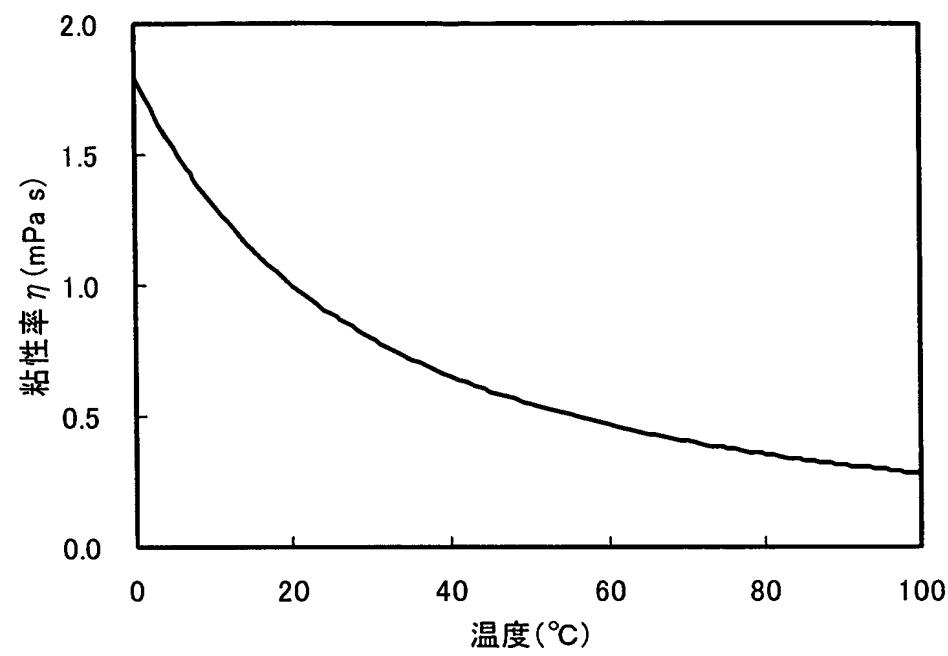
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

	金型温度 [°C]	キャビティ内の スラリー温度T2 [°C]	キャビティ内圧 [MPa]
実施例1	50	43	12
実施例2	60	49	11
実施例3	100	85	8

	金型充填前の スラリー温度 [°C]	キャビティ内の スラリー温度T2 [°C]	キャビティ内圧 [MPa]
比較例1	21	21	14.7
比較例2	50	24	14.5
比較例3	70	30	14.0

[図10]

